

Docket No.: 543822001700  
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:  
Michael SEBALD et al.

Application No.: 10/713,765

Filed: November 17, 2003

Group Art Unit: 1756

For: OPTICAL DEVICE FOR USE WITH A  
LITHOGRAPHY METHOD

Examiner: Unassigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Germany	102 53 679.1	November 18, 2002

In support of this claim, certified copy of said original foreign application is filed herewith.

Dated: May 17, 2004

Respectfully submitted,

By  
Jonathan Bockman  
Registration No.: 45,640  
MORRISON & FOERSTER LLP  
1650 Tysons Blvd, Suite 300  
McLean, Virginia 22102  
(703) 760-7769 – Telephone No.  
(703) 760-7777 – Facsimile No.

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 53 679.1

**Anmeldetag:** 18. November 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Optische Einrichtung zur Verwendung bei einem  
Lithographie-Verfahren, insbesondere zur Her-  
stellung eines Halbleiter-Bauelements, sowie  
optisches Lithographieverfahren

**IPC:** G 03 F 7/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Dezember 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Ebert

## Beschreibung

Optische Einrichtung zur Verwendung bei einem Lithographie-  
Verfahren, insbesondere zur Herstellung eines Halbleiter-  
5 Bauelements, sowie optisches Lithographieverfahren

Die Erfindung betrifft eine optische Einrichtung zur  
Verwendung bei einem Lithographie-Verfahren, insbesondere zur  
10 Herstellung eines Halbleiter-Bauelements gemäß Oberbegriff  
des Anspruchs 1, sowie ein optisches Lithographieverfahren.

Zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen, insbesondere  
Silizium-Halbleiter-Bauelementen können z.B. sog.  
15 photolithographische Verfahren bzw. optische  
Lithographieverfahren, insbesondere  
Mikrolithographieverfahren verwendet werden.

Hierbei wird zunächst die Oberfläche eines entsprechenden -  
20 z.B. aus einkristallinem Silizium bestehenden - Wafers einem  
Oxidations-Prozess unterzogen, und dann auf die Oxidschicht  
eine lichtempfindliche Photolackschicht aufgebracht.

Daraufhin wird über dem Wafer eine Photomaske angeordnet, und  
zwischen dem Wafer und der Photomaske eine ein entsprechendes  
25 Linsensystem mit mehreren Linsen-Elementen enthaltende  
optischen Einrichtung.

Die Photomaske ist mit einer Struktur versehen, die der  
30 jeweils auf dem Wafer zu schaffenden Struktur entspricht.

Als nächstes wird die Photomaske - und somit auch die  
entsprechende Struktur auf dem Photolack - belichtet, und  
dann die Photomaske wieder entfernt.

35 Wird dann der Photolack entwickelt, und einem Ätz-Prozess  
unterzogen, werden die belichteten Stellen des Photolacks

(und die jeweils darunterliegenden Stellen der Oxidschicht) vom Wafer entfernt - die unbelichteten bleiben stehen.

5 Zur Belichtung des Photolacks kann z.B. Licht mit einer Wellenlänge von 193 nm verwendet werden (oder z.B. mit einer Wellenlänge von 365 nm, 248 nm, 193 nm, 157 nm, etc.).

10 Die entsprechenden Lichtstrahlen werden beim Durchtritt durch die Maske (insbesondere an den dort vorhandenen Struktur-Kanten bzw. -Spalten) gebeugt, d.h. es treten hinter der Maske - bei bestimmten Winkeln - Intensitätsmaxima auf (sog. Beugungs-Maxima 1. Ordnung, 2. Ordnung, etc.).

15 Weist das erste Linsen-Element des Linsensystems eine relativ große Apertur auf, werden auch die Intensitätsmaxima höherer Ordnung (z.B. 2. und höherer Ordnung) repräsentierenden „Strahlen“ von dem entsprechenden Linsen-Element mit erfasst bzw. gesammelt (wodurch die Qualität des auf den Wafer abgebildeten Struktur-Bildes verbessert wird).

20 Allerdings treffen die o.g., Intensitätsmaxima höherer Ordnung repräsentierenden Strahlen - nach Durchlaufen des letzten Linsen-Elements - mit relativ großem Winkel auf die Oberfläche des Wafers, und werden deshalb (falls der  
25 Einfallswinkel größer als der Totalreflexions-Grenzwinkel ist) an der Luft/Wafer-Grenzfläche reflektiert (und können dann nicht zur o.g. Qualitätsverbesserung beim auf den Wafer projizierten Struktur-Bild beitragen).

30 Um dies zu verhindern, ist vorgeschlagen worden, den Bereich zwischen dem letzten Linsen-Element, und dem Wafer mit einer sog. Immersionsflüssigkeit, z.B. Wasser zu füllen (vgl. z.B. M. Switkes und M. Rothschild: „Resolution Enhancement of 157 nm Lithography by Liquid Immersion“, Proceedings of SPIE Vol.  
35 4691 (2002), S. 459).

Da die Immersionsflüssigkeit eine andere, insbesondere höhere Brechzahl  $n$  aufweist, als Luft, ergibt sich für die Immersionsflüssigkeit/Wafer-Grenzfläche ein größerer Totalreflexions-Grenzwinkel, als bei der o.g. Luft/Wafer-Grenzfläche. Dadurch kann eine Totalreflexion verhindert, und damit die Qualität des auf den Wafer projizierten Struktur-Bilds verbessert werden.

Ein Nachteil der o.g. Vorgehensweise ist allerdings, dass die Immersionsflüssigkeit direkt mit dem Wafer bzw. der darauf aufgetragenen lichtempfindlichen Photolackschicht in Kontakt kommt, und diese kontaminieren kann.

Um dies zu verhindern, kann z.B. auf den lichtempfindlichen Photolack eine zusätzliche Schutzschicht aufgebracht werden (was aber die Herstellkosten erhöhen, und zu Qualitätseinbußen führen würde).

Die Erfindung hat zur Aufgabe, eine neuartige optische Einrichtung zur Verwendung bei einem Lithographie-Verfahren, insbesondere zur Herstellung eines Halbleiter-Bauelements zur Verfügung zu stellen, sowie ein neuartiges optisches Lithographieverfahren.

Sie erreicht dieses und weitere Ziele durch die Gegenstände der Ansprüche 1 und 20.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Gemäß einem Grundgedanken der Erfindung wird eine optische Einrichtung zur Verwendung bei einem Lithographie-Verfahren, insbesondere zur Herstellung eines Halbleiter-Bauelements, zur Verfügung gestellt, mit einem - bezüglich des optischen Strahlengangs - hinter einer Maske angeordneten Linsensystem, wobei in einem zwischen der Maske und dem Linsensystem

liegenden Bereich ein Medium vorgesehen ist, welches eine Brechzahl ( $n$ ) aufweist, welche größer als 1 ist.

5 Die relativ hohe Brechzahl ( $n$ ) des Mediums (z.B. eines Gases, oder einer Flüssigkeit) führt dazu, dass die „Numerische Apertur“ NA des Linsensystems (gemäß der Formel  $NA = n \times \sin \alpha$  (wobei  $\alpha$  der Apertur-Winkel, und  $n$  die Brechzahl ist)) relativ groß ist.

10 Durch die - aufgrund der o.g. relativ hohen Brechzahl  $n$  - relativ hohe Numerische Apertur NA kann mit der erfindungsgemäßen optischen Einrichtung eine bessere Auflösung erzielt werden, als mit herkömmlichen optischen Einrichtungen.

15 Dadurch wird ermöglicht, Halbleiter-Bauelemente herzustellen, die eine geringere minimalen Strukturgröße aufweisen, als beim Stand der Technik.

20 Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der beigelegten Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

25 Figur 1 eine schematische Querschnitt-Ansicht eines Wafers, einer Maske, und einer optischen Einrichtung zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen gemäß dem Stand der Technik;

30 Figur 2 eine schematische Querschnitt-Ansicht eines Wafers, einer Maske, und einer optischen Einrichtung zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

35 Figur 3 eine schematische Querschnitt-Ansicht eines Wafers, einer Maske, und einer optischen Einrichtung zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

In Figur 1 ist eine schematische Querschnitt-Ansicht einer optischen Einrichtung 1 zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen gemäß dem Stand der Technik gezeigt.

Die optische Einrichtung 1 weist ein - eine oder mehrere Linsen-Elemente enthaltendes - Linsenssystem 4 auf, welches zwischen einer Photomaske 3, und einem Wafer 2 angeordnet bzw. befestigt ist, auf dem die entsprechenden Halbleiter-Bauelemente gefertigt werden sollen.

Der Wafer 2 ist z.B. aus einkristallinem Silizium hergestellt, welches an der Oberfläche einem Oxidations-Prozess unterzogen worden ist; auf die so erzeugte Oxidschicht 2a ist dann eine lichtempfindliche Photolackschicht 2b aufgebracht worden.

Die Photomaske 3 ist mit einer Masken-Struktur 3a versehen, die der jeweils auf dem Wafer 2 zu schaffenden Struktur entspricht (wobei - wie weiter unten noch genauer erläutert - die Masken-Struktur 3a mit Hilfe der optischen Einrichtung 1 auf entsprechend verkleinerte Weise auf den Wafer 2 abgebildet wird).

Wie in Figur 1 weiter gezeigt ist, ist zur Belichtung der Photomaske 3 (und damit auch der der Masken-Struktur 3a entsprechenden Struktur auf der Photolackschicht 2b) eine Lichtquelle 5, z.B. ein entsprechender Laser vorgesehen (wobei zwischen der Lichtquelle 5, und der Photomaske 3 i.A. ein weiteres - ein oder mehrere Linsen-Elemente enthaltendes - Linsensystem 6 vorgesehen ist).

Die Lichtquelle 5 kann z.B. Licht mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von 193 nm aussenden (oder z.B. mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von 365 nm, 248 nm, 157 nm, etc.).

Wie in Figur 1 veranschaulicht ist, werden die entsprechenden, von der Lichtquelle 5 ausgesendeten Lichtstrahlen beim Durchtritt durch die Photomaske 3 (insbesondere an den dort vorhandenen Kanten bzw. Spalten der Masken-Struktur 3a) gebeugt, d.h. es treten hinter der Maske 3 - bei bestimmten Winkeln  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , etc. - Intensitätsmaxima auf (sog. Beugungs-Maxima 1. Ordnung, 2. Ordnung, etc., hier jeweils durch Strahlen A, B veranschaulicht).

- 10 Das Linsensystem 4 (bzw. dessen erstes Linsen-Element) weist eine relativ große Apertur  $A = \sin \alpha$  auf (wobei  $\alpha$  der sog. Apertur-Winkel ist (vgl. Figur 1)).

- 15 Dadurch wird erreicht, dass auch die Intensitätsmaxima höherer Ordnung (hier z.B. 1. und 2. Ordnung) repräsentierenden Strahlen A, B von dem entsprechenden Linsen-Element mit erfasst bzw. gesammelt werden, wodurch die Qualität des vom Linsenssystem 4 auf den Wafer 2 (genauer: die Photolackschicht 2b) projizierten Struktur-Abbilds  
20 verbessert wird (und somit auf dem Wafer 2 kleinere Struktur-Breiten realisiert werden können).

- 25 Wie weiter in Figur 1 veranschaulicht ist, treffen die o.g., Intensitätsmaxima höherer Ordnung repräsentierenden Strahlen A, B - nach Durchlaufen des letzten Linsen-Elements des Linsenssystems 4 - mit relativ großem Winkel auf die Oberfläche des Wafers 2 (bzw. die Photolackschicht 2b).

- 30 Um eine Totalreflexion der Strahlen A, B an der oberen Fläche des Wafers 2 zu verhindern (in Figur 1 durch einen Pfeil B' veranschaulicht), ist ein - in Figur 1 schraffiert dargestellter - Bereich a zwischen dem letzten Linsen-Element des Linsenssystems 4, und dem Wafer 2 mit einer Immersionsflüssigkeit, z.B. Wasser gefüllt.

35

Die Immersionsflüssigkeit weist eine relativ hohe Brechzahl  $n$  auf, insbesondere eine höhere Brechzahl  $n$ , als die - z.B. in



einem Bereich b zwischen dem ersten Linsen-Element des Linsensystems 4 und der Photomaske 3 befindliche - Luft. Die relativ hohe Brechzahl n führt für die Immersionsflüssigkeit/Wafer-Grenzfläche zu einem relativ großen Totalreflexions-Grenzwinkel, wodurch verhindert wird, dass die von dem letzten Linsen-Element aus auf den Wafer 2 treffenden Strahlen A, B an der oberen Fläche des Wafers 2 reflektiert werden.

10

In Figur 2 ist eine schematische Querschnitt-Ansicht einer optischen Einrichtung 11 zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gezeigt.

15

Die optische Einrichtung 11 weist - entsprechend wie die in Figur 1 gezeigte optische Einrichtung 1 - ein eine oder mehrere (hintereinandergeschaltete) Linsen-Elemente enthaltendes - Linsensystem 14 auf, welches zwischen einer Photomaske 13, und einem Wafer 12 angeordnet bzw. befestigt ist, auf dem die entsprechenden Halbleiter-Bauelemente gefertigt werden sollen.

20

Bei der Photomaske 13 kann es sich z.B. um eine herkömmliche Photomaske handeln, oder z.B. - zur weiteren Erhöhung der Auflösung - um eine Phasenmaske (PSM = Phase Shift Mask), insbesondere eine „Alternating Phase Shift Mask“ (alternierende Phasenmaske bzw. alternating PSM), eine „Attenuated Phase Shift Mask“ (abgeschwächte Phasenmaske bzw. attenuated PSM), etc.

30

Die Photomaske 13 ist mit einer Masken-Struktur 13a versehen, die der jeweils auf dem Wafer 12 zu schaffenden Struktur entspricht (wobei - wie weiter unten noch genauer erläutert wird - die Masken-Struktur 13a mit Hilfe der optischen Einrichtung 11 auf entsprechend verkleinerte Weise auf den Wafer 12 abgebildet wird).

35

Der Wafer 12 ist - entsprechend wie im Zusammenhang mit Figur 1 erläutert - z.B. aus einkristallinem Silizium hergestellt, welches an der Oberfläche einem Oxidations-Prozess unterzogen  
5 worden ist, wobei die so erzeugte Oxidschicht 12a dann mit einer lichtempfindlichen Photolackschicht 12b überzogen worden ist.

Zur Belichtung der Photomaske 13 (und damit auch der der  
10 Masken-Struktur 13a entsprechenden Struktur auf der Photolackschicht 12b) ist eine Lichtquelle 15 vorgesehen, z.B. ein entsprechender Laser, oder z.B. eine Quecksilberdampf-  
lampe, eine Argon-Entladungslampe, etc. (wobei zwischen der Lichtquelle 15, und der Photomaske 13 ein  
15 weiteres - ein oder mehrere Linsen-Elemente enthaltendes - Linsensystem 16 vorgesehen ist).

Die Lichtquelle 15 kann z.B. Licht mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von 193 nm aussenden (oder z.B. mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von  
20 365 nm, 248 nm, 157 nm, 13 nm etc.).

Wie in Figur 2 veranschaulicht ist, werden die entsprechenden, von der Lichtquelle 15 ausgesendeten Lichtstrahlen beim Durchtritt durch die Photomaske 13  
25 (insbesondere an den dort vorhandenen Kanten bzw. Spalten der Masken-Struktur 13a) gebeugt, d.h. es treten hinter der Photomaske 13 - bei bestimmten Winkeln  $\beta_1'$ ,  $\beta_2'$ ,  $\beta_3'$ , etc. - Intensitätsmaxima auf (Beugungs-Maxima 1., 2. und 3. Ordnung, etc., hier veranschaulicht durch jeweils einen Strahl A', B'  
30 und C').

Das Linsensystem 14 (bzw. dessen erstes Linsen-Element) weist einen relativ großen Apertur-Winkel  $\alpha$  auf, insbesondere einen Apertur-Winkel von z.B.  $\alpha > 50^\circ$  oder  $\alpha > 60^\circ$ , bzw.  
35 einen Apertur-Winkel von z.B.  $\alpha > 65^\circ$  oder  $\alpha > 75^\circ$ .

Wie in Figur 2 weiter veranschaulicht ist, ist bei dem dort gezeigten Ausführungsbeispiel ein (hier schraffiert dargestellter) Bereich b' zwischen dem ersten (am nächsten bei der Photomaske 13 liegenden) Linsen-Element des Linsenssystems 14, und der Photomaske 13 mit einer Immersionsflüssigkeit oder einem Immersionsgas gefüllt (wozu z.B. eine entsprechende, mit der entsprechenden Immersionsflüssigkeit bzw. dem entsprechenden Immersionsgas befüllte Kammer verwendet werden kann, die z.B. oben durch die Photomaske 13, unten durch das erste Linsen-Element, und seitlich durch entsprechende, separate Kammer-Wände begrenzt wird).

Des weiteren ist bei dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel - anders etwa als bei der in Figur 1 gezeigten optischen Einrichtung 1 - in dem zwischen dem letzten (am nächsten beim Wafer 12 liegenden) Linsen-Element des Linsenssystems 14, und dem Wafer 12 liegenden Bereich a' keine Immersionsflüssigkeit vorgesehen (sondern z.B. das - auch den Rest der optischen Einrichtung - umgebende Gas, insbesondere Luft (z.B. die Reinraum-Luft des Reinraums, in dem die optische Einrichtung 11 aufgestellt ist), oder ein entsprechendes Spül- bzw. Reinigungsgas, z.B. Stickstoff (jeweils mit einer Brechzahl von (ungefähr) 1)) - auf diese Weise kann eine Kontamination der Photolackschicht 12b durch die diese sonst direkt kontaktierende Immersionsflüssigkeit verhindert werden.

Die o.g. - in den Bereich b' zwischen dem ersten Linsen-Element des Linsenssystems 14, und der Photomaske 13 gefüllte - Immersionsflüssigkeit bzw. das dort vorgesehene Immersionsgas weist eine relativ hohe Brechzahl n auf, insbesondere eine Brechzahl n größer als 1, z.B. eine Brechzahl  $n > 1.05$  oder  $n > 1.1$ , bzw. eine Brechzahl  $n > 1.2$  oder  $n > 1.3$ .

Dabei sollte die Immersionsflüssigkeit bzw. das Immersionsgas so gewählt sein, dass deren bzw. dessen Brechzahl  $n$  abgestimmt ist auf die entsprechende Brechzahl  $n'$  des zum Aufbau des o.g. ersten Linsen-Elements, und/oder zum Aufbau der Photomaske 13 verwendeten Materials (z.B. Quarz oder Calciumfluorid ( $\text{CaF}_2$ ), etc.) (d.h. die entsprechenden Brechzahlen  $n$ ,  $n'$  sollten möglichst identisch bzw. möglichst wenig unterschiedlich sein).

10 Des weiteren sollte die entsprechende Immersionsflüssigkeit bzw. das Immersionsgas so transparent bzw. lichtdurchlässig wie möglich gewählt werden (d.h. einen möglichst geringen Absorptionsgrad aufweisen).

15 Als Immersionsflüssigkeit kann z.B. Wasser verwendet werden (Brechzahl  $n = 1.46$ ), oder z.B. Perfluorpolyether (PFPE) (Brechzahl  $n = 1.37$ ).

Die relativ hohe Brechzahl  $n$  der Immersionsflüssigkeit bzw. des Immersionsgases führt dazu, dass bei der in Figur 2 gezeigten optischen Einrichtung 11 (insbesondere beim Linsensystem 14 bzw. dessen erstem Linsen-Element) die sog. „Numerische Apertur“ NA (definiert als  $NA = n \times \sin \alpha$  (wobei  $\alpha$  der Apertur-Winkel,  $n$  die Brechzahl ist)) relativ groß ist, insbesondere größer, als wenn - wie bei entsprechenden, herkömmlichen optischen Einrichtungen 1 (vgl. z.B. Figur 1) - der Bereich b zwischen dem ersten Linsen-Element des Linsenssystems 4 und der Photomaske 3 mit Luft gefüllt ist.

30 Durch die - aufgrund der o.g. relativ hohen Brechzahl  $n$  - erhöhte Numerische Apertur NA wird erreicht, dass auch die Intensitätsmaxima relativ hoher Ordnung (hier z.B. 1., 2. und 3. Ordnung) repräsentierenden Strahlen A', B' und C' vom Linsensystem 14, insbesondere dessen erstem Linsen-Element mit erfasst bzw. gesammelt werden (und nicht etwa nur - wie z.B. in Figur 1 gezeigt ist - die Intensitätsmaxima 1. und 2. Ordnung) (oder alternativ z.B. - bei geringerer bzw. deutlich

geringerer Apertur A als bei den in Figur 1 und 2 gezeigten optischen Einrichtungen 1, 11 - trotzdem noch die die Intensitätsmaxima 1. bzw. 1. und 2. Ordnung repräsentierenden Strahlen A' bzw. A' und B', etc.).

5

Wie weiter in Figur 2 veranschaulicht ist, werden die o.g., Intensitätsmaxima relativ hoher Ordnung repräsentierenden Strahlen A', B', C' - vom Linsensystem 14 bzw. dessen letztem Linsen-Element - sämtlich auf die Oberfläche des Wafers 12

10

(bzw. die Photolackschicht 2b) abgebildet. Dadurch wird die Qualität des vom Linsensystem 14 auf den Wafer 12 (genauer: die Photolackschicht 12b) projizierten Struktur-Abbilds verbessert (wodurch auf dem Wafer 12 eine kleinere minimale Strukturgröße CD (CD = critical dimension) realisiert werden

15

kann).

Im Detail kann die minimale, mit der in Figur 2 gezeigten optischen Einrichtung 11 auf dem Wafer 12 erzielbare Strukturgröße CD mit Hilfe der folgenden Formel berechnet

20

werden:

$$CD = (0,5 \times \lambda) / NA$$

(wobei NA die o.g. Numerische Apertur, und  $\lambda$  die Wellenlänge des zur Belichtung des Wafers 12 verwendeten Lichts ist (hier z.B. 365 nm, 248 nm, 193 nm, 157 nm, oder 13 nm, etc. (s.o.))).

25

Die - wie oben erläutert - relativ hohe Numerische Apertur NA der in Figur 2 gezeigten optischen Einrichtung 11 führt also - entsprechend der obigen Formel - zu einer deutlich kleineren, minimalen, auf dem Wafer 12 realisierbaren Strukturgröße CD, als bei herkömmlichen optischen Einrichtungen.

35

In Figur 3 ist eine schematische Querschnitt-Ansicht einer optischen Einrichtung 101 zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gezeigt.

5

Die optische Einrichtung 101 ist entsprechend ähnlich aufgebaut, wie die in Figur 2 gezeigte optische Einrichtung 11.

- 10 Insbesondere ist bei der in Figur 3 gezeigten optischen Einrichtung 101 - entsprechend wie bei der in Figur 2 gezeigten optischen Einrichtung 11 - ein eine oder mehrere (hintereinandergeschaltete) Linsen-Elemente enthaltendes Linsenssystem 14 vorgesehen, welches zwischen einer
- 15 Photomaske 103, und einem Wafer 102 angeordnet bzw. befestigt ist.

- Bei der Photomaske 103 kann es sich z.B. um eine herkömmliche Photomaske handeln, oder z.B. um eine Phasenmaske (PSM =
- 20 Phase Shift Mask), insbesondere eine „Alternating Phase Shift Mask“ (alternating PSM), oder eine „Attenuated Phase Shift Mask“ (attenuated PSM), etc.

- Die Photomaske 103 ist mit einer Masken-Struktur 103a
- 25 versehen, die der jeweils auf dem Wafer 102 zu schaffenden Struktur entspricht (wobei - wie weiter unten noch genauer erläutert - die Masken-Struktur 103a mit Hilfe der optischen Einrichtung 101 auf entsprechend verkleinerte Weise auf den Wafer 102 abgebildet wird).

30

Oben am - z.B. aus einkristallinem Silizium hergestellten - Wafer 102 ist eine Oxidschicht 102a vorgesehen, auf der eine lichtempfindliche Photolackschicht 102b aufgebracht ist.

- 35 Zur Belichtung der Photomaske 103 (und damit auch der der Masken-Struktur 103a entsprechenden Struktur auf der Photolackschicht 102b) ist eine Lichtquelle 105 vorgesehen,

- z.B. ein entsprechender Laser, oder z.B. eine Quecksilberdampf Lampe, eine Argon-Entladungslampe, etc. (wobei zwischen der Lichtquelle 105, und der Photomaske 103 ein weiteres - ein oder mehrere Linsen-Elemente enthaltendes
- 5 - Linsensystem 106 vorgesehen ist).

Die Lichtquelle 105 kann z.B. Licht mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von 193 nm aussenden (oder z.B. mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von 365 nm, 248 nm, 157 nm, 13nm, etc.).

10

Wie in Figur 3 veranschaulicht ist, werden die entsprechenden, von der Lichtquelle 105 ausgesendeten Lichtstrahlen beim Durchtritt durch die Photomaske 103 (insbesondere an den dort vorhandenen Kanten bzw. Spalten der

15 Masken-Struktur 103a) gebeugt, d.h. es treten hinter der Photomaske 103 - bei bestimmten Winkeln  $\beta_1''$ ,  $\beta_2''$ ,  $\beta_3''$ , etc. - Intensitätsmaxima auf (Beugungs-Maxima 1., 2. und 3. Ordnung, etc.).

- 20 Das Linsensystem 104 (bzw. dessen erstes Linsen-Element) weist einen relativ großen Apertur-Winkel  $\alpha$  auf, insbesondere einen Apertur-Winkel von z.B.  $\alpha > 50^\circ$  oder  $\alpha > 60^\circ$ , oder z.B. einen Apertur-Winkel von z.B.  $\alpha > 65^\circ$  oder  $\alpha > 75^\circ$ .

25

Wie in Figur 3 weiter veranschaulicht ist, ist bei dem dort gezeigten Ausführungsbeispiel - entsprechend wie bei der in Figur 2 gezeigten optischen Einrichtung 11 - ein (hier ebenfalls schraffiert dargestellter) Bereich  $b''$  zwischen dem

30 ersten (am nächsten bei der Photomaske 103 liegenden) Linsen-Element des Linsensystems 104, und der Photomaske 103 mit einer Immersionsflüssigkeit oder einem Immersionsgas gefüllt (wozu z.B. eine entsprechende, mit der entsprechenden Immersionsflüssigkeit bzw. dem entsprechenden Immersionsgas

35 befüllte Kammer verwendet werden kann, die z.B. oben durch die Photomaske 103, unten durch das erste Linsen-Element, und

seitlich durch entsprechende, separate Kammer-Wände begrenzt wird).

- Des weiteren ist bei dem in Figur 3 gezeigten
- 5 Ausführungsbeispiel - anders als bei der in Figur 2 gezeigten optischen Einrichtung 11 (und entsprechend ähnlich wie bei der in Figur 1 gezeigten optischen Einrichtung 1) - auch in dem zwischen dem letzten (am nächsten beim Wafer 102
- 10 liegenden) Linsen-Element des Linsenssystems 104, und dem Wafer 102 liegenden Bereich  $a''$  ein Immersions-Medium vorgesehen, insbesondere eine Immersionsflüssigkeit oder - besonders vorteilhaft - ein Immersionsgas (wozu z.B. eine entsprechende, mit der entsprechenden Immersionsflüssigkeit
- 15 bzw. dem entsprechenden Immersionsgas befüllte, weitere Kammer verwendet werden kann, die z.B. oben durch das letzte Linsen-Element, unten durch den Wafer, und seitlich durch entsprechende, separate Kammer-Wände begrenzt wird).

- Die Immersionsflüssigkeit bzw. das Immersionsgas weist eine
- 20 relativ hohe Brechzahl  $n$  auf, insbesondere eine Brechzahl  $n$  größer als 1, z.B. eine Brechzahl  $n > 1.05$  oder  $n > 1.1$ , bzw. eine Brechzahl  $n > 1.2$  oder  $n > 1.3$ .

- Dabei sollte die entsprechende Immersionsflüssigkeit bzw. das
- 25 Immersionsgas so transparent bzw. lichtdurchlässig wie möglich gewählt werden (d.h. einen möglichst geringen Absorptionsgrad aufweisen).

- Als Immersionsflüssigkeit kann z.B. Wasser verwendet werden
- 30 (Brechzahl  $n = 1.46$ ), oder z.B. Perfluorpolyether (PFPE) (Brechzahl  $n = 1.37$ ).

- Die relativ hohe Brechzahl  $n$  der Immersionsflüssigkeit bzw. des Immersionsgases führt zu einem relativ großen
- 35 Totalreflexions-Grenzwinkel an der Immersionsflüssigkeits/Wafer- bzw. der Immersionsgas/Wafer-Grenzfläche, wodurch verhindert wird, dass die von dem



letzten Linsen-Element aus auf den Wafer 102 treffenden Strahlen an der oberen Fläche des Wafers 102 reflektiert werden.

- 5 Wird im zwischen dem letzten Linsen-Element und dem Wafer 102 liegenden Bereich a'' - vorteilhaft - ein Immersionsgas (statt einer Immersionsflüssigkeit) verwendet, wird die Gefahr verringert, daß die Photolackschicht 102b (durch das entsprechende Immersionsmedium) kontaminiert werden kann.

10

Die o.g., in den Bereich b'' zwischen dem ersten Linsen-Element des Linsenssystems 104, und der Photomaske 103 gefüllte Immersionsflüssigkeit bzw. das dort vorgesehene Immersionsgas weist - entsprechend wie die

- 15 Immersionsflüssigkeit bzw. das Immersionsgas im Bereich a'' zwischen dem letzten Linsen-Element des Linsenssystems 104, und dem Wafer 102 - eine relativ hohe Brechzahl  $n$  auf, insbesondere eine Brechzahl  $n$  größer als 1, z.B. eine Brechzahl  $n > 1.05$  oder  $n > 1.1$ , bzw. eine Brechzahl  $n > 1.2$   
20 oder  $n > 1.3$ .

Dabei sollte die Immersionsflüssigkeit bzw. das Immersionsgas so gewählt sein, dass deren bzw. dessen Brechzahl  $n$  abgestimmt ist auf die entsprechende Brechzahl des zum Aufbau des o.g. ersten Linsen-Elements, und/oder des zum Aufbau der  
25 Photomaske 103 verwendeten Materials (z.B. Quarz oder Calciumfluorid ( $\text{CaF}_2$ ), etc.) (d.h. die entsprechenden Brechzahlen  $n$ ,  $n'$  sollten möglichst identisch bzw. möglichst wenig unterschiedlich sein).

30

Des weiteren sollte die entsprechende Immersionsflüssigkeit bzw. das Immersionsgas so transparent bzw. lichtdurchlässig wie möglich gewählt werden (d.h. einen möglichst geringen Absorptionsgrad aufweisen).

35

Als Immersionsflüssigkeit kann z.B. Wasser verwendet werden (Brechzahl  $n = 1.46$ ), oder z.B. Perfluorpolyether (PFPE) (Brechzahl  $n = 1.37$ ).

- 5 Die relativ hohe Brechzahl  $n$  der Immersionsflüssigkeit bzw. des Immersionsgases führt dazu, dass bei der in Figur 3 gezeigten optischen Einrichtung 101 - entsprechend ähnlich wie bei der in Figur 2 gezeigten optischen Einrichtung 11 - (insbesondere beim Linsensystem 104 bzw. dessen erstem
- 10 Linsen-Element) die „Numerische Apertur“  $NA = n \times \sin \alpha$  ( $\alpha$  = Apertur-Winkel,  $n$  = Brechzahl) relativ groß ist, insbesondere größer, als wenn - wie bei entsprechenden, herkömmlichen optischen Einrichtungen 1 (vgl. z.B. Figur 1) - der Bereich b zwischen dem ersten Linsen-Element des Linsenssystems 4 und
- 15 der Photomaske 3 mit Luft gefüllt ist.

- Durch die - aufgrund der o.g. relativ hohen Brechzahl  $n$  - erhöhte Numerische Apertur  $NA$  wird erreicht, dass auch die Intensitätsmaxima relativ hoher Ordnung (hier z.B. 1., 2. und
- 20 3. Ordnung, oder z.B. 1. und 2. Ordnung, oder z.B. 1. - 4. Ordnung, etc.) repräsentierenden Strahlen vom Linsensystem 104, insbesondere dessen erstem Linsen-Element mit erfasst bzw. gesammelt werden. Dadurch wird die Qualität des vom Linsensystem 104 auf den Wafer 102 (genauer: die
- 25 Photolackschicht 102b) projizierten Struktur-Abbilds verbessert (wodurch auf dem Wafer 102 eine kleinere minimale Strukturgröße  $CD$  realisiert werden kann (entsprechend der oben erläuterten Formel  $CD = (0,5 \times \lambda) / NA$ )).

## Patentansprüche

1. Optische Einrichtung (11, 101) zur Verwendung bei einem  
5 Lithographie-Verfahren, insbesondere zur Herstellung eines  
Halbleiter-Bauelements, mit einem - bezüglich des optischen  
Strahlengangs - hinter einer Maske (13, 103) angeordneten  
Linsensystem (14, 104)  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß in einem  
10 zwischen der Maske (13, 103) und dem Linsensystem (14, 104)  
liegenden Bereich ( $b'$ ,  $b''$ ) ein Medium vorgesehen ist,  
welches eine Brechzahl ( $n$ ) aufweist, welche größer als 1 ist.
2. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 1, bei  
15 welcher die Brechzahl ( $n$ ) des Mediums größer als 1.1 ist.
3. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 1 oder 2,  
bei welcher die Brechzahl ( $n$ ) des Mediums größer als 1.2,  
insbesondere größer als 1.3 ist.  
20
4. Optische Einrichtung (11, 101) nach einem der Ansprüche  
1 bis 3, bei welcher das Medium eine Flüssigkeit ist.
5. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 4, bei  
25 welcher als Flüssigkeit Wasser verwendet wird.
6. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 4, bei  
welcher als Flüssigkeit Perfluoropolyether verwendet wird.
- 30 7. Optische Einrichtung (11, 101) nach einem der Ansprüche  
1 bis 3, bei welcher das Medium ein Gas ist.
8. Optische Einrichtung (11, 101) nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche, bei welcher das Linsensystem (14,  
35 104) eine oder mehrere Einzel-Linsen aufweist.

9. Optische Einrichtung (11, 101) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches zur Belichtung eines - bezüglich des optischen Strahlengangs - hinter dem Linsensystem (14, 104) angeordneten Wafers (12, 102) verwendet wird.
10. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 9, bei welcher in einem zwischen dem Linsensystem (14, 104) und dem Wafer (12, 102) liegenden Bereich ( $a'$ ,  $a''$ ) ein Medium vorgesehen ist, welches eine Brechzahl ( $n$ ) von ungefähr 1 aufweist.
11. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 10, bei welcher als in dem zwischen dem Linsensystem (14, 104) und dem Wafer (12, 102) liegenden Bereich ( $a'$ ,  $a''$ ) vorgesehenes Medium Luft verwendet wird.
12. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 9, bei welcher in einem zwischen dem Linsensystem (14, 104) und dem Wafer (12, 102) liegenden Bereich ( $a'$ ,  $a''$ ) ein Medium vorgesehen ist, welches eine Brechzahl ( $n$ ) aufweist, welche größer als 1 ist.
13. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 12, bei der die Brechzahl ( $n$ ) des in dem zwischen dem Linsensystem (14, 104) und dem Wafer (12, 102) liegenden Bereich ( $a'$ ,  $a''$ ) vorgesehenen Mediums größer als 1.1 ist.
14. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 13, bei der die Brechzahl ( $n$ ) des in dem zwischen dem Linsensystem (14, 104) und dem Wafer (12, 102) liegenden Bereich ( $a'$ ,  $a''$ ) vorgesehenen Mediums größer als 1.2, insbesondere größer als 1.3 ist.
15. Optische Einrichtung (11, 101) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei welcher das in dem zwischen dem Linsensystem

(14, 104) und dem Wafer (12, 102) liegenden Bereich (a', a'') vorgesehene Medium eine Flüssigkeit, insbesondere Wasser ist.

5 16. Optische Einrichtung (11, 101) nach Anspruch 15, bei welcher die in dem zwischen dem Linsensystem (14, 104) und dem Wafer (12, 102) liegenden Bereich (a', a'') vorgesehene Flüssigkeit Perfluorpolyether ist.

10 17. Optische Einrichtung (11, 101) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei welcher das in dem zwischen dem Linsensystem (14, 104) und dem Wafer (12, 102) liegenden Bereich (a', a'') vorgesehene Medium ein Gas ist.

15 18. Optische Einrichtung (11, 101) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Maske (13, 103) eine Photomaske ist.

20 19. Optische Einrichtung (11, 101) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Maske (13, 103) eine Phasenmaske, insbesondere eine alternierende oder abgeschwächte Phasenmaske ist.

25 20. Optisches Lithographieverfahren, insbesondere zur Herstellung eines Halbleiter-Bauelements, welches die Schritte aufweist:

- Bereitstellen eines Linsensystems (14, 104), insbesondere eines in einer optischen Einrichtung (11, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 19 enthaltenen Linsensystems (14, 104);

30 - Bereitstellen einer Maske (13, 103);

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Verfahren zusätzlich den Schritt aufweist: Vorsehen eines Mediums, welches eine Brechzahl (n) aufweist, welche größer als 1 ist, in einem zwischen der Maske (13, 103) und dem Linsensystem (14, 104) liegenden Bereich (b', b'').

35

## Zusammenfassung

Optische Einrichtung zur Verwendung bei einem Lithographie-  
Verfahren, insbesondere zur Herstellung eines Halbleiter-  
5 Bauelements, sowie optisches Lithographieverfahren

Die Erfindung betrifft ein optisches Lithographieverfahren,  
sowie eine optische Einrichtung (11, 101) zur Verwendung bei  
einem Lithographie-Verfahren, insbesondere zur Herstellung  
10 eines Halbleiter-Bauelements, wobei die optische Einrichtung  
(11, 101) ein - bezüglich des optischen Strahlengangs -  
hinter einer Maske (13, 103) angeordnetes Linsensystem (14,  
104) aufweist, und wobei in einem zwischen der Maske (13,  
103) und dem Linsensystem (14, 104) liegenden Bereich (b',  
15 b'') ein Medium vorgesehen ist, welches eine Brechzahl (n)  
aufweist, welche größer als 1 ist.

- Figur 2 -



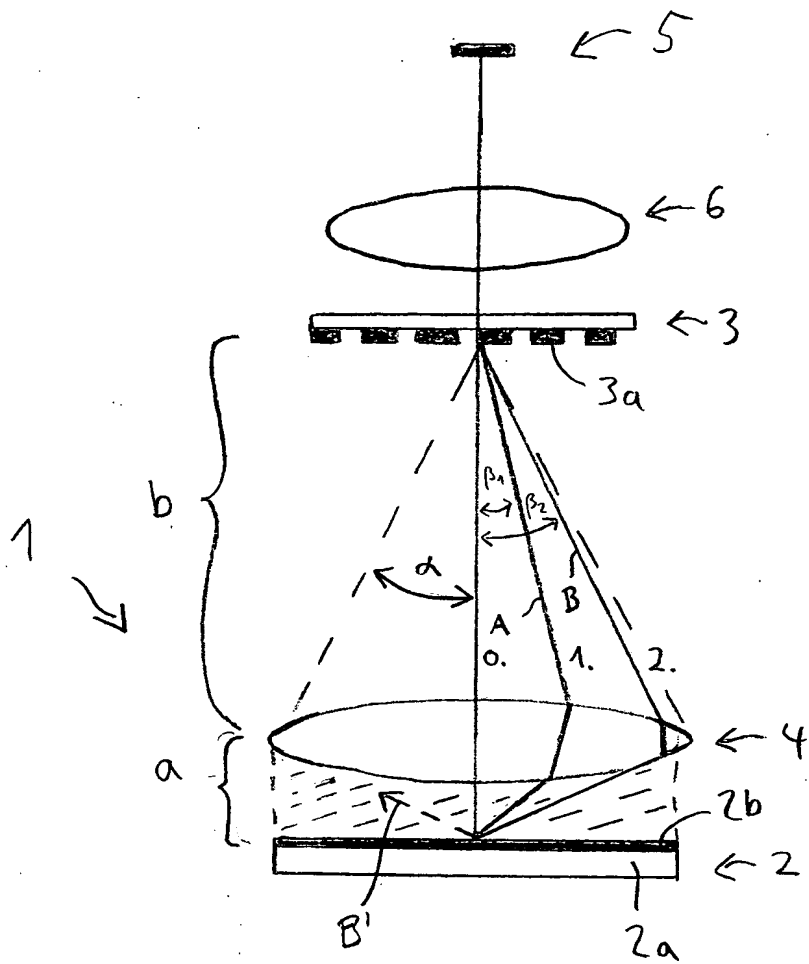


Fig. 1



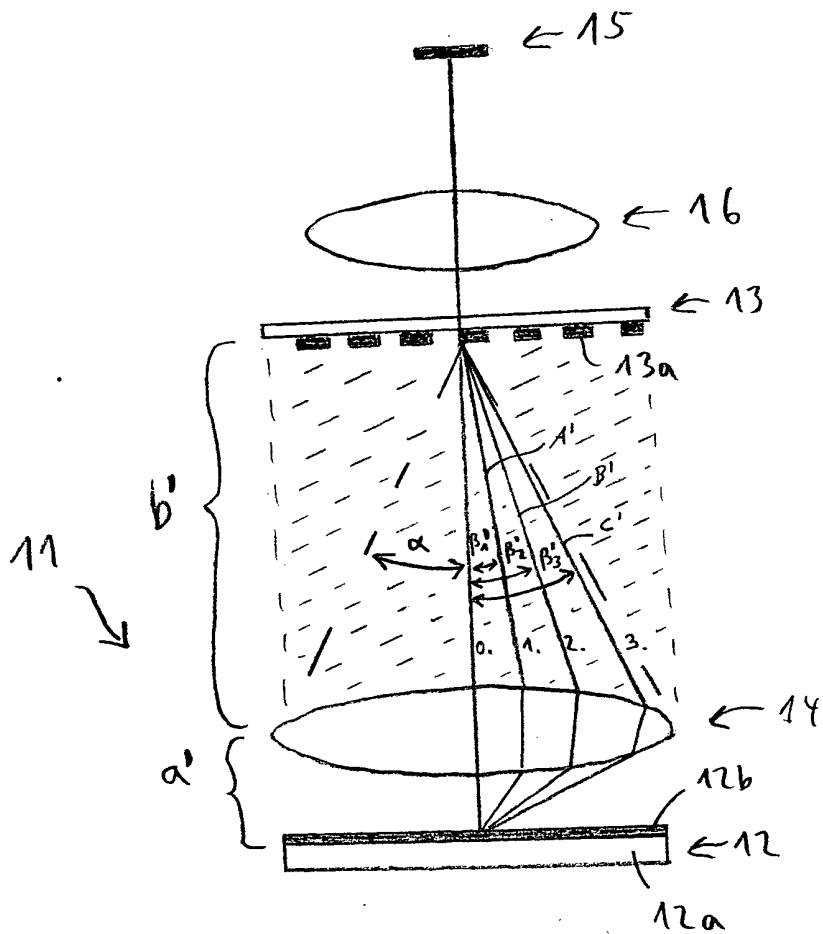


Fig. 2



## Bezugszeichenliste

	1	Optische Einrichtung
	2	Wafer
5	2a	Oxidschicht
	2b	Photolackschicht
	3	Photomaske
	3a	Masken-Struktur
	4	Linsenssystem
10	5	Lichtquelle
	6	Linsensystem
	11	Optische Einrichtung
	12	Wafer
	12a	Oxidschicht
15	12b	Photolackschicht
	13	Photomaske
	13a	Masken-Struktur
	14	Linsenssystem
	15	Lichtquelle
20	16	Linsensystem
	101	Optische Einrichtung
	102	Wafer
	102a	Oxidschicht
	102b	Photolackschicht
25	103	Photomaske
	103a	Masken-Struktur
	104	Linsenssystem
	105	Lichtquelle
	106	Linsensystem